

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-270575

(43)Date of publication of application : 20.09.2002

---

(51)Int.CI. H01L 21/3065

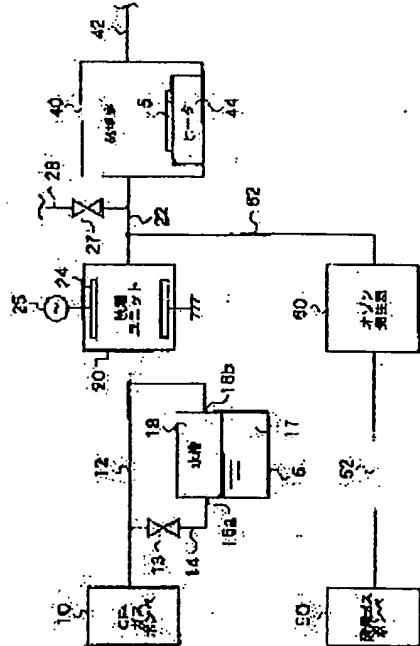
---

(21)Application number : 2001-070369 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 13.03.2001 (72)Inventor : SATO MITSURU  
OTA YOSHINORI

---

(54) ETCHING METHOD, SEMICONDUCTOR DEVICE FABRICATED BY THAT METHOD AND  
ETCHING SYSTEM



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an etching method and an etching system in which silicon dioxide is not formed again after etching.

SOLUTION: The system for etching a silicon oxide film or a silicon nitride film formed on the surface of a wafer substrate 5 comprises a discharge unit 20 for supplying the wafer substrate 5 with an active fluorine based gas generated by discharge through a stabilized fluorine based gas ( $CF_4$ ) supplied from a material gas supply 10 under atmospheric pressure or a pressure in the vicinity thereof, and an ozone supply means 60 for adding ozone to an active fluorine based gas (HF) being fed to the wafer substrate 5 from the discharge unit 20.



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成し、この活性なフッ素系ガスにオゾンを添加して、被処理部材の表面に形成された酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッチングすることを特徴とするエッチング方法。

【請求項2】 前記放電は、前記安定なフッ素系ガスに水蒸気を添加した混合物を介して行うことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項3】 前記エッチングは、前記被処理部材を加熱して行うことを特徴とする請求項1または2に記載のエッチング方法。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載のエッチング方法によって製造されたことを特徴とする半導体装置。

【請求項5】 被処理部材の表面に形成された酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッチングする装置であって、

原料ガス供給源から供給された大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成して前記被処理部材に供給する放電ユニットと、

この放電ユニットから前記被処理部材に供給される前記活性なフッ素系ガスにオゾンを添加するオゾン供給手段と、

を有することを特徴とするエッチング装置。

【請求項6】 前記原料ガス供給手段から前記放電ユニットに供給される前記安定なフッ素系ガスに水蒸気を添加する水蒸気供給手段を有することを特徴とする請求項5に記載のエッチング装置。

【請求項7】 前記被処理部材を加熱する加熱手段を有することを特徴とする請求項5または6に記載のエッチング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はエッチング方法、この方法により製造されたことを特徴とする半導体装置およびエッチング装置に関するものである。

## 【0002】



このようにフッ化水素と水蒸気を供給することにより、 $\text{SiF}_4$ が脱離して二酸化ケイ素被膜がエッチングされる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記のように、二酸化ケイ素被膜のエッチングに伴って $\text{SiF}_4$ が脱離するが、ウエハ基板上や処理室内には窒素ガスによって供給された水蒸気が残存しているので、脱離した $\text{SiF}_4$ がこれに溶解して二酸化ケイ素が再形成され、重合してウ

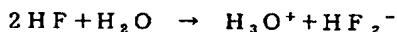
2

【従来の技術】 LSIなどの半導体装置は、ウエハ基板上に無数に形成されたトランジスタなどの半導体素子で構成される。近年では半導体装置の高集積化に伴って、半導体素子を何層にも積層した半導体装置が開発されている。この半導体素子間の絶縁被膜として、また半導体装置内における絶縁被膜として、二酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)被膜が広く利用されている。

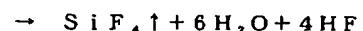
【0003】 ところで、半導体素子間を接続する配線を形成する場合などには、二酸化ケイ素被膜を部分的に除去するエッチングを行う必要がある。その作業は、まず二酸化ケイ素被膜の表面全体にフォトレジスト膜を形成し、次にエッチングパターンをプリントしたマスクを介して露光した後、現像してレジスト膜をエッチングする。次にレジスト膜のエッチング部分を通して、二酸化ケイ素被膜をエッチングする。最後に残ったレジストをはく離すれば、所望のパターンにエッチングされた二酸化ケイ素被膜を得る。

【0004】 二酸化ケイ素被膜のエッチング装置としては、真空チャンバ内にウエハ基板を配置し、そのチャンバ内で処理ガスをプラズマ化してエッチングする装置もあるが、ウエハ基板に対するダメージを低減するため、外部で処理ガスをプラズマ化した上でウエハ基板上に導入する、いわゆるリモートプラズマを利用した装置が提案されている。図3にリモートプラズマを利用した従来技術に係るエッチング装置の説明図を示す。図3に示すエッチング装置では、二酸化ケイ素被膜を有するウエハ基板5を処理室40内に配置する。次に、処理室40内にフッ素系ガスを供給するフッ素系ガス供給手段1において、 $\text{CF}_4$ ガスの一部に水蒸気を添加して放電ユニット20に供給する。さらに放電ユニット20でフッ化水素(HF)ガスを生成して、処理室40内に供給する。一方、処理室40内に水蒸気を供給する水蒸気供給手段3において、希釈ガスとしての窒素ガスの一部を水槽36に通してこれに水蒸気を添加し、処理室内のウエハ基板上に供給する。処理室40内では、ウエハ基板上に供給された水蒸気にフッ化水素が溶解し、以下の反応式に従って二酸化ケイ素が分解される。

## 【化1】



## 【化2】



ウエハ基板上や処理室内に析出(いわゆる再デポ)するという問題があった。これにより、ウエハ基板に形成される半導体素子の品質に悪影響を及ぼす可能性があるとともに、処理室内を頻繁に清掃する必要があった。

【0006】 本発明は上記問題点に着目し、エッチング後に二酸化ケイ素が再形成されることのないエッチング方法およびその装置の提供を目的とする。また、エッチング速度を向上可能なエッチング方法およびその装置の提供を目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係るエッティング方法は、大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成し、この活性なフッ素系ガスにオゾンを添加して、被処理部材の表面に形成された酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティングする構成とした。

【0008】これにより、希釈ガスに水蒸気を添加してウエハ基板上に供給しなくとも、酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティングすることができる。よって、エッティングにより生成された SiF<sub>4</sub>が、水蒸気に溶解することができる。従って、エッティング後に二酸化ケイ素が再形成されることがない。

【0009】また前記放電は、前記安定なフッ素系ガスに水蒸気を添加した混合物を介して行う構成とした。これにより、フッ化水素をエッティング反応に関与させることができるので、エッティング反応が促進され、エッティング速度を向上させることができる。

【0010】また前記エッティングは、前記被処理部材を加熱して行う構成とした。これによりエッティング反応が促進され、エッティング速度を向上させることができる。一方、本発明に係る半導体装置は、請求項1ないし3のエッティング方法によって製造された構成とした。これにより、上記効果を伴った半導体装置とすることができる。

【0011】一方、本発明に係るエッティング装置は、被処理部材の表面に形成された酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティングする装置であって、原料ガス供給源から供給された大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成して前記被処理部材に供給する放電ユニットと、この放電ユニットから前記被処理部材に供給される前記活性なフッ素系ガスにオゾンを添加するオゾン供給手段とを有する構成とした。これにより、エッティング後に二酸化ケイ素が再形成されることがない。

【0012】また、前記原料ガス供給手段から前記放電ユニットに供給される前記安定なフッ素系ガスに水蒸気を添加する水蒸気供給手段を有する構成とした。これにより、エッティング速度を向上させることができる。また、前記被処理部材を加熱する加熱手段を有する構成とした。これにより、エッティング速度を向上させることができる。

## 【0013】

【発明の実施の形態】本発明に係るエッティング装置およびエッティング方法の好ましい実施の形態を、添付図面に従って詳細に説明する。なお以下に記載するのは本発明の実施形態の一態様にすぎず、本発明はこれらに限定されるものではない。図1に本実施形態に係るエッティング装置の説明図を示す。本実施形態に係るエッティング装置

は、原料ガス供給源から供給された大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成してウエハ基板5に供給する放電ユニット20と、この放電ユニット20からウエハ基板5に供給される活性なフッ素系ガスにオゾンを添加するオゾン発生器60とを有するものである。なお本実施形態では、大気圧またはその近傍の圧力下において安定なフッ素系ガスとして、CF<sub>4</sub>ガスを使用した場合を例にして説明する。

【0014】原料ガス供給源として、CF<sub>4</sub>ガスボンベ10を設置する。CF<sub>4</sub>ガスボンベ10から原料ガス供給管12を配設し、後述する放電ユニット20に接続する。一方この原料ガス供給管12から分岐して、流量調整弁13およびバイパス管14を配設し、水蒸気供給手段としての純水を封入した水槽16に接続する。バイパス管14は、水槽16の原料ガス取入口16aに接続する。原料ガス取入口16aは、図1のように水槽16の気層部18に形成してもよいし、液層部17に形成してもよい。液層部17に形成した場合には、原料ガスが純水の中を通過するので、より多くの水蒸気が添加される。さらに水槽16の気層部18には、原料ガス排出口16bを形成する。原料ガス排出口16bから再びバイパス管14を配設し、上述した原料ガス供給管12に再合流させる。

【0015】原料ガス供給管12は放電ユニット20に接続する。放電ユニット20は原理的には、対向電極24を設置して高周波電源25に接続し、対向電極24の間で放電を発生可能とするものである。なお放電ユニット20内は大気圧またはその近傍の圧力として、かかる圧力下で放電可能とする。一方、放電ユニット20から処理ガス供給管22を配設し、後述する処理室40に接続する。なお処理ガス供給管22に、図示しない希釈ガス供給手段を接続し、処理ガスを希釈した上で処理室40に供給可能としてもよい。この希釈ガスとして窒素ガス等の不活性ガスを供給するが、従来技術のように水蒸気のキャリアガスとして供給するものではないので、希釈ガス供給手段には水槽等の水蒸気添加手段を設ける必要はない。また、処理ガス供給管22から分岐して開閉弁27および排気管28を設置し、性質の安定しない初期の処理ガスを排気可能とする。

【0016】一方、酸素ガス供給源として酸素ガスボンベ50を設置する。酸素ガスボンベ50からは酸素ガス供給管52を配設して、オゾン発生器60に接続する。オゾン供給手段としてのオゾン発生器60は、放電ユニット20と同様に放電を利用することにより、酸素ガスを活性化してオゾンを生成するものである。また、オゾン発生器60からオゾン供給管62を配設し、上述した処理ガス供給管22に接続する。

【0017】処理ガス供給管22は処理室40に接続する。処理室40内の下方にはヒータ44を設置し、その

## 5

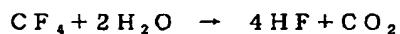
上面に載置するウエハ基板5を加熱可能とする。さらに処理室40から処理後ガスの排気管42を配設する。なお処理後ガスは、図示しないスクラバ等により除害してから排気する。

【0018】上記のように構成したエッティング装置は、以下の2つの方法で使用することができる。その第1の方法は、バイパス管14を通してCF<sub>4</sub>ガスに水蒸気を添加して使用する方法である。まず前提として、二酸化ケイ素被膜を有するウエハ基板5に対し紫外線照射や加熱等を行って、ウエハ基板上に存在する水分および有機物を除去しておく。そして処理室40のヒータ44上に、かかるウエハ基板5を載置する。

【0019】最初に、CF<sub>4</sub>ガスボンベから原料ガスであるCF<sub>4</sub>ガスを供給する。CF<sub>4</sub>ガスは、原料ガス供給管12により放電ユニット20に供給されるとともに、流量調整弁13を開くことによりバイパス管14を通して水槽16にも供給される。水槽16に供給されたCF<sub>4</sub>ガスには、その気層部18を通過する過程で、純水の水蒸気が添加される。なお水槽の原料ガス取入口16aを液層部17に形成した場合には、CF<sub>4</sub>ガスが液層部を通過するので、より多くの水蒸気が添加される。水蒸気が添加されたCF<sub>4</sub>ガスは、バイパス管14から原料ガス供給管12を経由して、放電ユニット20に供給される。

【0020】次に、放電ユニット20を大気圧またはその近傍の圧力下に保持したまま、対向電極24に高周波電圧を印加して、電極間に放電を発生させる。その際、一方の電極から放出された電子は、放電ユニット20内に供給されたCF<sub>4</sub>ガスの分子に衝突し、これを介して他方の電極に吸収される。一方CF<sub>4</sub>ガスは、電子との衝突によってエネルギーを受け、添加された水蒸気と反応して、HFやF<sub>2</sub>やCOF<sub>2</sub>などの活性なフッ素系ガスを生成する。なお、F<sub>2</sub>やCOF<sub>2</sub>などの一部は、さらに水と反応してHFとなる。このため全体としては、以下の反応となる。

【化3】



なお、CF<sub>4</sub>に添加された水蒸気のほとんどは、上記のように反応して消費される。生成されたフッ化水素を含む処理ガスは、処理ガス供給管22により処理室40内に供給される。なお活性なフッ素系ガスは、窒素ガス等の不活性ガスにより希釈した上で処理室40内に供給してもよい。

【0021】上記各工程と同時に、酸素ガスボンベ50から反応ガスである酸素ガスを供給する。酸素ガスは反応ガス供給管52によりオゾン発生器60に供給される。オゾン発生器60において、酸素ガスは電子との衝突によってエネルギーを受け、酸素原子(O)、酸素ラジカル(O<sup>+</sup>)、酸素イオン(O<sup>2-</sup>)等の励起活性種と

## 6

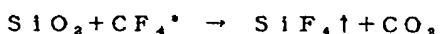
ともに、オゾン(O<sub>3</sub>)を生成する。そして生成されたオゾン系ガスは、オゾン供給管62により処理ガス供給管22に供給され、処理ガスと混合されて処理室40に供給される。

【0022】以上により、処理室40内においてウエハ基板上の二酸化ケイ素が分解され、エッティングされる。エッティング後の処理室40内のガスは、図示しないスクラバ等により除害してから排気する。なお処理室40内は常温であってもよいが、ヒータ44によりウエハ基板5を加熱することにより、エッティング反応を促進することができる。

【0023】一方、上記のエッティング装置を使用する第2の方法は、CF<sub>4</sub>ガスに水蒸気を添加しないで使用する方法である。なお、第1の方法と同じ構成となる部分については、その説明を省略する。最初に、CF<sub>4</sub>ボンベから原料ガスであるCF<sub>4</sub>ガスを供給する。CF<sub>4</sub>ガスは、原料ガス供給管12により放電ユニット20に供給されるが、流量調整弁13を閉じることにより、バイパス管14から水槽16には供給されない。その結果CF<sub>4</sub>ガスは、水蒸気が添加されることなく放電ユニットに供給される。

【0024】放電ユニット20において、CF<sub>4</sub>ガスは電子と衝突し、エネルギーを受けてプラズマ化することにより、活性なフッ素系ガスであるCF<sub>4</sub>ラジカル(CF<sub>4</sub><sup>+</sup>)が生成される。そして処理室40内では、以下のようにして二酸化ケイ素の分解反応が行われると考えられる。

【化4】



この場合オゾンは、触媒として作用しているものと思われる。以上により、処理室40内においてウエハ基板上の二酸化ケイ素がエッティングされる。なお処理室40内は常温であってもよいが、ヒータ44によりウエハ基板5を加熱することにより、エッティング反応を促進することができる点は、第1の方法と同様である。

【0025】上記のように構成した本実施形態に係るエッティング装置を、上記の方法に従って使用することにより、エッティング後に二酸化ケイ素が再形成されがない。すなわち、本実施形態に係るエッティング装置は、被処理部材の表面に形成された酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティングする装置であって、原料ガス供給源から供給された大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成してウエハ基板に供給する放電ユニットと、この放電ユニットからウエハ基板に供給される活性なフッ素系ガスにオゾンを添加するオゾン供給手段とを有する構成とした。一方、本実施形態に係るエッティング方法は、大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成し、この活性なフッ素系ガスにオゾンを添加して、ウ

ウエハ基板の表面に形成された酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティングする構成とした。これにより、希釈ガスに水蒸気を添加してウエハ基板上に供給しなくても、酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティングすることができる。よって、エッティングにより生成されたSiF<sub>4</sub>が、水蒸気に溶解することがなくなる。従って、エッティング後に二酸化ケイ素が再形成されることがない。これに伴って、再形成された二酸化ケイ素が重合してウエハ基板上や処理室内に析出することがなくなり、ウエハ基板に形成される半導体素子の品質に悪影響を及ぼす可能性がなくなるとともに、処理室内を頻繁に清掃する必要もなくなる。

【0026】なお本実施形態では、ウエハ基板上に水分がなくてもエッティングすることができるので、ウエハ基板を十分に加熱することができる。この点従来は、ウエハ基板上からの水分の蒸発を防止するため、ウエハ基板を十分に加熱することができなかつた。しかし本実施形態では、ウエハ基板を十分に加熱することにより、エッティング反応を促進させることができる。また本実施形態では、処理室内に水蒸気を供給する代わりにオゾンを供給すればよいので、エッティング処理を安定して行うことができる。この点一般に、水蒸気の安定供給は困難であり、エッティング処理を安定して行うことが困難であつた。しかしオゾンを安定供給することは比較的容易であるから、エッティング処理を安定して行うことができる。

【0027】また本実施形態では、原料ガス供給手段から放電ユニットに供給される安定なフッ素系ガスに水蒸気を添加する水蒸気供給手段を有する装置として、放電は安定なフッ素系ガスに水蒸気を添加した混合物を介して行う方法とした。これにより、フッ化水素をエッティング反応に関与させることができるので、エッティング反応が促進され、エッティング速度を向上させることができる。

【0028】また本実施形態では、ウエハ基板を加熱する加熱手段を有する装置として、エッティングはウエハ基板を加熱して行う方法とした。これによりエッティング反応が促進され、エッティング速度を向上させることができ。なお本実施形態では、大気圧またはその近傍の圧力下において安定なフッ素系ガスとしてCF<sub>4</sub>ガスを使用したが、これ以外にもフッ素(F<sub>2</sub>)ガス等を使用することができる。またフッ素ガス以外でも、塩素系ガス等のハロゲン系ガスであれば、広く原料ガスとして使用することができる。一方、本実施形態では主に酸化ケイ素被膜をエッティングする場合について述べたが、窒化ケイ素被膜も同様にエッティングすることができる。逆に、シリコン基板をエッティングすることはないので、その表面に形成された被膜のみをエッティングすることができる。

【0029】

【実施例】上述した実施形態に係るエッティング装置によ

り、第1のエッティング方法を使用してウエハ基板上の二酸化ケイ素被膜をエッティングした実施例について説明する。サンプルとして、シリコン基板上に直接二酸化ケイ素被膜を6500オングストロームの厚さで形成したものを、20mm×5mmの大きさに切り出して使用した。

【0030】前提として、上記サンプルに紫外線(UV)を照射し、サンプル上の水分の除去を行った。UVランプには、ウシオ電機製UER20-172を使用した。このランプの光源はエキシマArF(波長172nm)で、有効距離は5mmである。照射手順は、まずUVランプの電源を入れ、次にランプ内に10L/minの窒素を10min以上導入して、ランプ内の空気を窒素に置換した。次に照射距離1mmで、照射時間2minにわたって、サンプルにUVを照射した。その結果、サンプル上の水分は完全に除去された。

【0031】次に、上記サンプルに対してエッティング処理を行った。エッティング装置は図1に示すものを使用したが、本実施例のサンプルに合わせて図2に示す特殊な処理室80を使用した。同図(1)はA-A線における平面断面図であり、同図(2)はB-B線における正面断面図である。処理室80は、密閉された処理室内にフロート85を固定し、処理室80とフロート85との間に処理ガス流路を形成したものである。すなわち処理ガスは、まず処理室80の天井板に形成したガス流入孔81から、ガス溜まり81aに流入する。さらに、処理室80の側板とフロート85との1mm程度の隙間から、処理室下部へと流れる。処理室80の底板上には複数のサンプル7を配置しておき、処理ガスが処理室80の底板とフロート85との3mm程度の隙間を流れる間に、サンプルにエッティングが施される。処理後のガスは、ガス溜まり89aを経て、ガス流出孔89から排気される。

【0032】エッティング処理の手順は、まずCF<sub>4</sub>ガスボンベ10から150ccmのCF<sub>4</sub>ガスを、放電ユニット20に供給した。なお流量調整弁13を調整して、原料ガス供給管12に50ccm、バイパス管14に100ccmが流れるようにした。次に、放電ユニットを運転して処理ガスを生成した。運転開始から1時間程度は処理ガスの性質が安定しないので、開閉弁27を開いて生成した処理ガスをそのまま排気した。次に、酸素ガスボンベ50から150ccmの酸素ガスをオゾン発生器60に導入し、オゾン発生器を運転してオゾンを発生させた。

【0033】次に処理室80内に、10L/minの窒素ガスを10min導入して、処理室内の空気を窒素ガスで置換した。その後、性質の安定した処理ガスおよびオゾンガスの混合気体を処理室80に導入し、5minエッティング処理を行った。導入した処理ガスにおいて、フッ化水素(HF)ガスの濃度は43083ppmである。

9

り、 $\text{CO}_2$ ガスの濃度は16026 ppmであった。またオゾンガスの濃度は約1%であった。なお本実施例では、処理ガスの希釈ガスとして窒素ガス等は導入していない。また、エッティング処理と同時にウエハ基板を加熱していない。処理の後、上記混合気体の処理室80内への導入を停止し、10L/minの窒素ガスを10min導入して、処理室内を窒素ガスで置換した。

【0034】次に、サンプルを処理室から取り出して、エッティング処理がなされているか外観を確認した。確認は、AXIOTRON-ZEISS製の金属顕微鏡を用いて行った。その結果、図2のサンプル列7aにおけるハッティング部8にエッティングされていない部分が残ったが、サンプル列7aのその他の部分およびサンプル列7bの全体は、6500オングストロームの二酸化ケイ素被膜の全厚につきエッティングがなされていた。処理時間は5minであるため、エッティングレートは1minあたり1300オングストローム以上であった。なお、一部にエッティングされていない部分が残ったのは、処理室内における処理ガスの流れ方に問題があったものと考えられ、この点を改善すれば全体のエッティングが可能になるものと考えられる。

#### 【0035】

【発明の効果】大気圧またはその近傍の圧力下にある安定なフッ素系ガスを介した放電により活性なフッ素系ガスを生成し、この活性なフッ素系ガスにオゾンを添加して、被処理部材の表面に形成された酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティングする構成としたので、希釈ガスに水蒸気を添加してウエハ基板上に供給しなくとも、酸化ケイ素被膜または窒化ケイ素被膜をエッティング

10

することができる。従って、エッティング後に二酸化ケイ素が再形成されることがない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態に係るエッティング装置の説明図である。

【図2】実施例で使用した処理室の説明図であり、

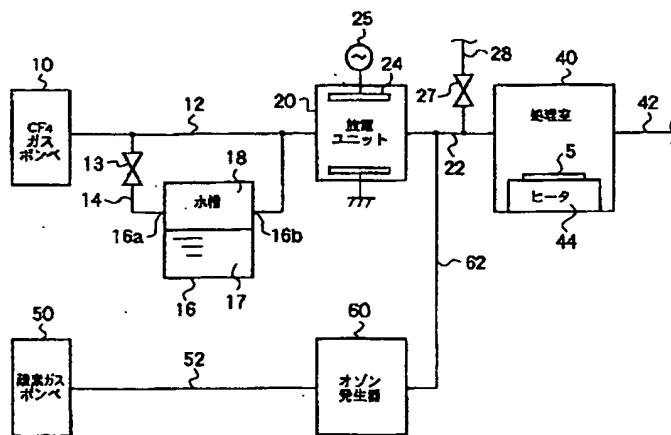
(1)はA-A線における平面断面図であり、(2)はB-B線における正面断面図である。

【図3】リモートプラズマを利用した従来技術に係るエッティング装置の説明図である。

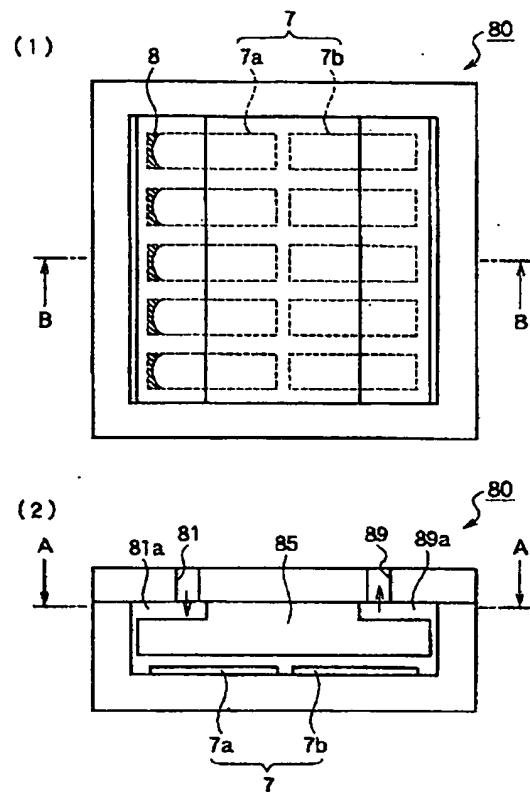
#### 【符号の説明】

- 1 ……フッ素系ガス供給手段、3 ……水蒸気供給手段、5 ……ウエハ基板、7 ……サンプル、7a, 7b ……サンプル列、8 ……ハッティング部、10 …… $\text{CF}_4$ ガスピベ、12 ……原料ガス供給管、13 ……流量調整弁、14 ……バイパス管、16 ……水槽、16a ……原料ガス取入口、16b ……原料ガス排出口、17 ……液層部、18 ……気層部、20 ……放電ユニット、22 ……処理ガス供給管、24 ……対向電極、25 ……高周波電源、27 ……開閉弁、28 ……排気管、30 ……窒素ガスピベ、36 ……水槽、40 ……処理室、42 ……排気管、44 ……ヒータ、46 ……酸素ガスピベ、50 ……酸素ガス供給管、60 ……オゾン発生器、62 ……オゾンガス供給管、80 ……処理室、81 ……処理ガス流入孔、81a ……ガス溜まり、85 ……フロート、89 ……処理ガス流出孔、89a ……ガス溜まり

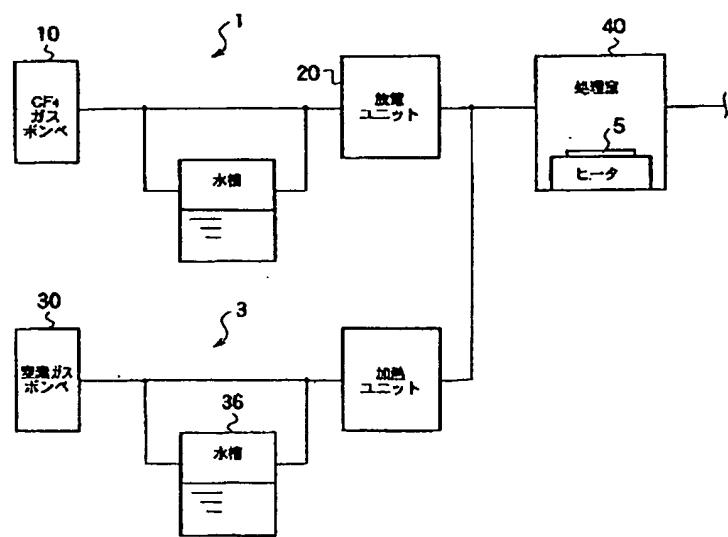
【図1】



【図2】



【図3】



BEST AVAILABLE COPY